Pràctica 4. El mesclador d'àudio

Alimentació asimètrica i node de referència virtual

Jordi Bonet i Dalmau
Rosa Giralt Mas

Abril de 2025

En la sessió anterior vam treballar amb l'amplificador operacional (AO) en zona no lineal com a comparador. En aquesta sessió explorarem les seves possibilitats treballant en zona lineal com a mesclador.

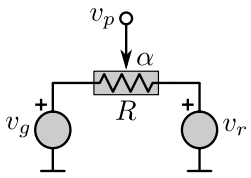
L'AO ens permet sumar diversos senyals. Aquesta operació es pot realitzar de manera que cada senyal estigui multiplicat per una constant que en diem pes. Aleshores parlem d'una suma ponderada (combinació o mescla) de diversos senyals. La utilització de l'AO està limitada a senyals de freqüències no molt elevades (d'això en parlarem el proper quadrimestre). Els senyals d'àudio, veu i música, contenen freqüències no molt elevades i per tant són perfectament tractables per l'AO. En definitiva, construirem un mesclador d'àudio. Un cop feta la mescla, podrem escoltar els senyals amb auriculars o altaveus. Podrem connectar els auriculars directament a la sortida de l'AO si els auriculars no demanen massa corrent a l'AO (recordeu el corrent de saturació a la sortida de l'AO). En cas contrari, caldrà afegir una etapa de potència.

L'AO ha de treballar intrínsecament amb alimentació simètrica: alimentació positiva i negativa. Això requereix de dues fonts de tensió. Per tant, sembla que treballar amb una sola font pot ser un problema. Tot i això, hi ha vàries estratègies per a fer-ho. En aquesta sessió treballarem una estratègia consistent en generar, amb un divisor de tensió, la meitat d'una sola font de tensió, i fer que aquesta nova tensió es converteixi en el node de referència, al qual en direm node de referència virtual.

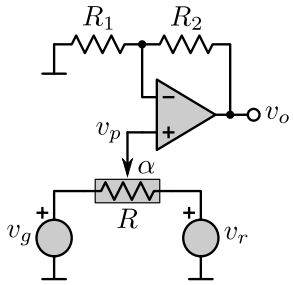
1 El mesclador d'àudio

El mesclador d'àudio que implementarem consisteix en usar un potenciòmetre per a mesclar dos senyals i després amplificar els senyals usant un amplificador no inversor. En aquest primer muntatge usarem alimentació simètrica i un AO, que pot ser el TL081. El primer senyal que usarem provindrà del generador de funcions del laboratori. L'altre senyal provindrà del vostre reproductor d'àudio (ràdio, mòbil, MP3, portàtil...) amb sortida minijack.

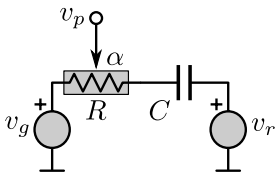
> *Previ* 1. Observeu la figura següent i determineu v_p en funció del senyal provinent del generador de funcions v_g,del senyal provinent del vostre reproductor v_r i de la posició del cursor del potenciòmetre α.



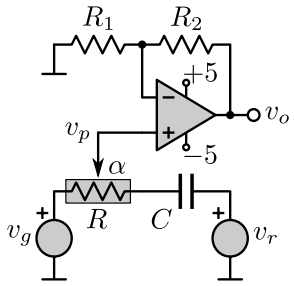
Previ 2. Calculeu R_1 i R_2 en el següent circuit per tal que l'amplificador no inversor tingui un guany de 10. Expresseu v_o en funció d'α. Què teniu a la sortida en els extrems i el punt mig del potenciòmetre, quan $\alpha = 0$, $\alpha = 1$ i $\alpha = 0.5$?



Tasca 1. Amb el generador de funcions genereu un senyal sinusoïdal de freqüència 600Hz i amplitud ± 0.15V. Assegureu-vos d'eliminar l'*offset*. Connecteu al **vostre** reproductor d'àudio el cable que us proporcionarem al laboratori amb un connector minijack en un extrem i dos pins per connectar a la *protoboard* a l'altre. Ajusteu el volum del vostre reproductor per a tenir una amplitud aproximada de ± 0.15V. Verifiqueu si el senyal del reproductor té *offset*. Realitzeu tots aquests ajustos visualitzant el senyal a l'oscił.loscopi. Després munteu el circuit de la figura usant un potenciòmetre de $10k\Omega$ (i només si el vostre reproductor té *offset* afegiu un condensador d'$1\mu F$ per eliminar-lo). Quines amplituds teniu a v_p?



Tasca 2. Amplifiqueu el senyal v_p amb el següent circuit usant usant $R_1 = 10k\Omega$ i $R_2 = 100k\Omega$. Utilitzeu una alimentació simètrica de ± 5V ($V_{cc}^+ = 5$V i $V_{cc}^- = -5$V). Verifiqueu el funcionament del mesclador visualitzant el senyal v_o a l'oscił.loscopi. Quines amplituds teniu a v_p i v_o? Quin guany té l'amplificador no inversor?



2 Connexió d'un auricular o altaveu a la sortida

El senyal a la sortida del mesclador pot ser escoltat amb un auricular o altaveu. La connexió d'aquest auricular o altaveu a l'AO es podrà fer directament si l'AO es capaç de proporcionar prou corrent i sinó, caldrà usar una etapa intermèdia de potència. El fet d'escoltar el senyal ens permetrà detectar coses que no visualitzàvem a l'oscił.loscopi.

> *Previ* 3. Considereu que a la sortida v_o del circuit del *Previ* 2 tenim una tensió de ± 2.5V. Si hi connectem un auricular modelat com una resistència, quin és el valor que pot tenir aquesta resistència per tal que el corrent i_o a la sortida de l'AO sigui menor que el corrent de saturació, $i_o < I_{sat} = \pm 25mA$? Podeu considerar $R_2+R_1 > 100k\Omega$ i, per tant, el corrent que circula per aquestes resistències menyspreable. Els auriculars més habituals es poden modelar com una resistència de 8Ω o 16Ω. Podeu connectar aquests auriculars a la sortida de l'AO? Quin hauria de ser el corrent de saturació?

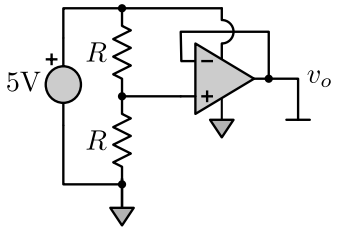
Tasca 3. Connecteu l'auricular d'alta impedància ($1k\Omega$), disponible al laboratori, a la sortida del vostre mesclador. Verifiqueu que quan $\alpha = 0$ només escolteu el senyal del generador i que quan $\alpha = 1$ només escolteu el senyal del vostre reproductor. Si és així, canvieu el potenciòmetre de $10k\Omega$ per un de $1k\Omega$. Si no és així, canvieu el potenciòmetre de $10k\Omega$ per un de $100k\Omega$. Intenteu trobar una explicació al fet que no es pugui anuł.lar totalment un dels senyals en l'extrem del potenciòmetre.

3 Utilització d'una sola font de tensió. Virtual ground

Per tal de simplificar el circuit, construirem un node de referència virtual amb el qual podrem prescindir de la font de -5V i usar només la font de $+5$V. A més, canviarem l'AO μA741[1] o TL081[2] usat fins ara, per altres AO que són *rail-to-rail IO*: OPA340PA[3], OPA344PA[4], OPA350PA[5] i TS921IN[6]. Cal anar alerta amb l'alimentació, ja que aquests integrats no suporten més de 5V entre els seus terminals d'alimentació, és a dir $V_{cc}^+ - V_{cc}^- < 5$V, excepte el darrer que n'admet 12. Tots ells tenen el mateix *pinout* que el TL081 usat fins ara.

> *Previ* 4. Analitzeu el circuit de la figura. Observeu que si prenem com a node de referència el terminal negatiu de la font de tensió (un triangle a la figura) $V_{cc}^+ = +5$V, $V_{cc}^- = 0$V, $v_n = v_p = +2.5$V i, per tant, $v_o = +2.5$V. En canvi, si prenem com a node de referència la sortida de l'AO, és a dir $v_o = 0$, aleshores $V_{cc}^+ = 2.5$V, $V_{cc}^- = -2.5$V i $v_n = v_p = 0$V.

[1] μA741: 5-40V o 9-30V, 25mA, 0.5V/μs, 1MHz, 0.30€
[2] TL081: 6-36V, 40mA, 16V/μs, 4MHz, 0.34€
[3] OPA340PA: 2.7-5.5V, 50mA, 6V/μs, 5.5MHz, 1.75€
[4] OPA344PA: 2.5-5.5V, 15mA, 0.8V/μs, 1MHz, 1.10€
[5] OPA350PA: 2.5-5.5V, 80mA, 22V/μs, 38MHz, 1.50€, oscil·la fàcilment
[6] TS921IN: 2.7-12V, 80mA, 1.3V/μs, 4MHz, 1.71€, cal $v_p - v_n < 1$V o posar 32Ω a les entrades



Previ 5. Considerant el node de referència virtual (o *virtual ground*) del circuit del *Previ* 4 i el mesclador de la *Tasca* 2 dibuixeu l'esquema d'un mesclador que només usi una font d'alimentació.

Tasca 4. Demaneu al professor el material necessari per construir el mesclador amb una sola font de +5V a partir de l'esquema dissenyat en el *Previ* 5. És recomanable usar l'AO OPA340PA per al *virtual ground* i l'OPA344PA o el TS921IN per al mesclador. Abans de fer el muntatge, valideu amb el professor que el disseny que heu fet al previ és l'adequat.

Verifiqueu que l'AO usat en el mesclador és *rail-to-rail IO* augmentant el volum del reproductor fins a saturar l'AO.